DICAS DE ATERRAMENTO E BLINDAGEM EM PROFIBUS

INTRODUÇÃO

O Profibus é um protocolo digital utilizado em sistemas de controle, que permite a conexão com interoperabilidade de diversos equipamentos e fabricantes. Possui uma série de vantagens em relação à tecnologia 4-20 mA, onde resumidamente pode-se citar, dentre outras:

- Fácil cabeamento com redução de custos;
- Simples operação, através da sala de controle;
- Aplicações em área classificadas;
- Altas taxas de comunicação no Profibus-DP;
- Poderosas ferramentas de configuração/parametrização e gerenciamento de ativos;
- Tecnologia aberta e em contínua evolução.

Assim como em outras tecnologias digitais, o sucesso de uma rede Profibus está diretamente ligado à qualidade das instalações.

Muitas vezes a confiabilidade de um sistema de controle é colocada em risco devido às más instalações. Comumente, os usuários fazem vista grossa a estes problemas e, em análises mais criteriosas, descobrem-se problemas com as instalações, envolvendo cabos e suas rotas e acondicionamentos, blindagens e aterramentos.

Neste artigo veremos algumas dicas sobre aterramento e o uso da blindagem (*shield*).

ARQUITETURA DO SISTEMA DE CONTROLE DE PROCESSO

Na prática existem diversos fabricantes de sistemas de controle, assim como várias possibilidades de arquiteturas, mas basicamente deve-se atentar para:

- O número de estações *host* e estações de engenharia;
- O número de controladores;
- A hierarquia da comunicação;
- As atribuições dos dispositivos e equipamentos de campo aos seus respectivos controladores;
- O método de conexão dos equipamentos de campo;
- As condições envolvendo áreas à prova de explosão, segurança intrínseca, emissões eletromagnéticas, condições ambientais, distribuição de cabeamento, aterramento etc.

A figura 1 mostra uma arquitetura típica, onde se tem o controlador Profibus, estações de engenharia, ferramentas de parametrização, acopladores e outros elementos da rede.
Vejamos a seguir detalhes e dicas sobre aterramento e o uso da blindagem (*shield*), lembrando sempre que regulamentações locais, em caso de dúvida, prevalecem.

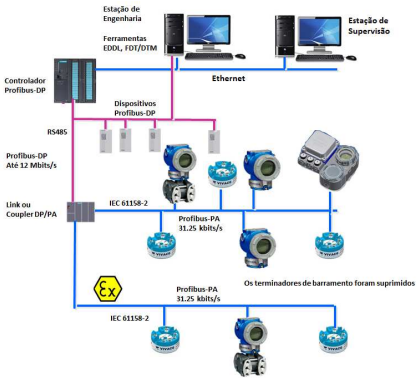

Figura 1 – Arquitetura típica Profibus.

PONTOS IMPORTANTES

NBR-5410

A NBR-5410 é a norma brasileira para instalações elétricas em baixa tensão e prescreve as regras para o projeto, execução e verificação das instalações. Tais regras são destinadas a garantir a segurança das pessoas, dos animais e dos bens contra os perigos e os danos suscetíveis de ocorrer quando as instalações elétricas são usadas de forma adequada e garantir o funcionamento correto de tais instalações. Ela orienta como configurar e calcular os sistemas de aterramentos, assim como os pontos equipotenciais para conexão dos sistemas de proteção elétrica, eletrônicos e sistemas de para-raios.
Normas complementares:

- NBR 5456 – Eletrotécnica e eletrônica geral;
- NBR 5444 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais;
- NBR 13570 – Instalações elétricas em locais de afluência de público;
- NBR 13543 – Instalações elétricas em estabelecimentos de saúde;
- NBR 5418 – Instalação de equipamentos elétricos em atmosferas potencialmente explosivas.

O CONCEITO DE ATERRAMENTO

Um dicionário não-técnico define o termo “terra” como um ponto em contato com a terra, um retorno comum em um circuito elétrico e um ponto arbitrário de potencial zero de tensão.
Aterrar ou ligar alguma parte de um sistema elétrico ou circuito para a terra garante segurança pessoal e, geralmente, melhora o funcionamento do circuito.
Infelizmente um ambiente seguro e robusto, em termos de aterramento, muitas vezes não acontece simultaneamente.

FIO TERRA

Todo circuito deve dispor de condutor de proteção em toda a sua extensão.

ATERRAMENTOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS SENSÍVEIS

Os sistemas de aterramento devem executar várias funções simultâneas, como proporcionar segurança pessoal e para o equipamento. Resumidamente, segue uma lista de funções básicas dos sistemas de aterramento:

a)Proporcionar segurança pessoal aos usuários;
b)Fornecer um caminho de baixa impedância (baixa indutância) de retorno para a terra, proporcionando o desligamento automático pelos dispositivos de proteção de maneira rápida e segura, quando devidamente projetado;
c)Fornecer controle das tensões desenvolvidas no solo quando o curto fase-terra retorna pelo terra para uma fonte próxima ou mesmo distante;
d)Estabilizar a tensão durante transitórios no sistema elétrico provocados por faltas para a terra;
e)Escoar cargas estáticas acumuladas em estruturas, suportes e carcaças dos equipamentos em geral;
f)Fornecer um sistema para que os equipamentos eletrônicos possam operar satisfatoriamente tanto em alta como em baixas frequências;
g)Fornecer uma referência estável de tensão aos sinais e circuitos;
h)Minimizar os efeitos de EMI (Emissão Eletromagnética).

Para atender as funções anteriores, destacam-se três características fundamentais ao aterramento:

- Capacidade de condução;
- Baixo valor de resistência;
- Configuração de eletrodo que possibilite o controle do gradiente de potencial.

Independente da finalidade, proteção ou funcional, o aterramento deve ser único em cada local da instalação. Existem situações onde os terras podem ser separados, porém precauções devem ser tomadas.
Em relação à instalação dos componentes do sistema de aterramento, alguns critérios devem ser seguidos:

- O valor da resistência de aterramento não deve modificar-se consideravelmente ao longo do tempo;
- Os componentes devem resistir às condições térmicas, termomecânicas e eletromecânicas;
- Os componentes devem ser robustos ou mesmo possuir proteção mecânica adequada para atender às condições de influências externas;
- Deve-se impedir danos aos eletrodos e às outras partes metálicas por efeitos de eletrólise.

EQUIPOTENCIALIZAR

Definição: Equipotencializar significa deixar tudo no mesmo potencial.

Na prática: Equipotencializar significa minimizar a diferença de potencial para reduzir acidentes.

Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal. Além disso, as massas das instalações situadas em uma mesma edificação devem estar conectadas à equipotencialização principal e, desta forma, a um único eletrodo de aterramento. Veja figuras 2 e 3.

A equipotencialização funcional tem a função de equalizar o aterramento e garantir o bom funcionamento dos circuitos de sinal e a compatibilidade eletromagnética.

CONDUTOR PARA EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Principal – deve possuir como comprimento mínimo a metade da seção do condutor de proteção de maior seção e, de acordo com o material, no mínimo:

- $6mm^2$ (Cobre);

- $16mm^2$ (Alumínio);
- $50mm^2$ (Aço).

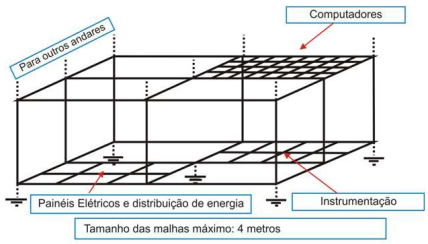

Figura 2 – Equipotencialização.

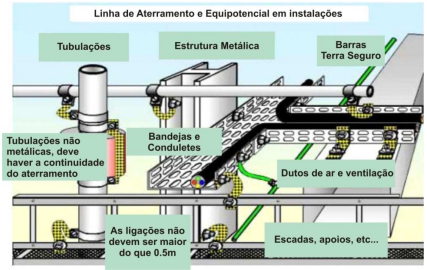

Figura 3 – Linha de Aterramento e Equipotencial em Instalações.

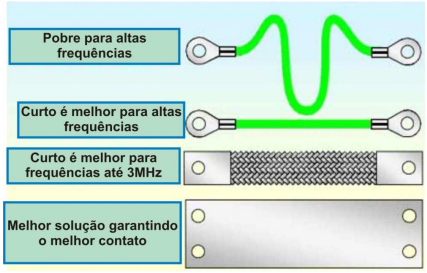

Figura 4 – Material para Equipotencializar.

CONSIDERAÇÕES SOBRE EQUIPOTENCIAIS

Observe a figura 5, onde temos uma fonte geradora de alta tensão e ruídos de alta freqüência, além de um sistema de medição de temperatura a 25 metros da sala de controle, onde dependendo do acondicionamento dos sinais, podemos ter até 2,3 kV nos terminais de medição.

Conforme as condições de blindagem, aterramento e equalização tornam-se melhores, chega-se à condição ideal para a medição.

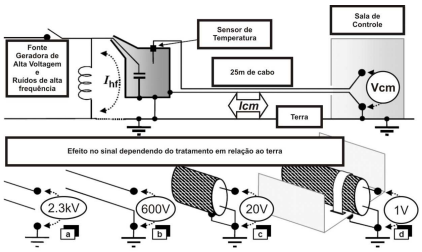

Figura 5 – Exemplo da importância do aterramento e equipotencialização e sua influência no sinal.

Em sistemas distribuídos, como o controle de processos industriais, onde se tem áreas fisicamente distantes e com alimentação de diferentes fontes, a orientação é que se tenha o sistema de aterramento em cada local e que sejam aplicadas as técnicas de controle de EMI em cada percurso do encaminhamento de sinal, conforme representado na figura 2.

IMPLICAÇÕES DE UM MAU ATERRAMENTO

As implicações causadas por um mau (ou mesmo inadequado) aterramento não se limitam apenas aos aspectos de segurança. Os principais efeitos de um aterramento inadequado são choques elétricos aos usuários por contato e resposta lenta (ou intermitente) dos sistemas de proteção (fusíveis, disjuntores, etc).

Outros problemas operacionais podem ter origem no aterramento deficiente:

- Falhas de comunicação;
- *Drifts* ou derivas, erros nas medições;
- Excesso de EMI gerado;
- Aquecimento anormal das etapas de potência (inversores, conversores) e motorização;
- Em caso de computadores, travamentos constantes;
- Queima de componentes eletrônicos sem razão aparente, mesmo sendo em equipamentos novos e confiáveis;
- Intermitências.

O sistema de aterramento deve ser único e atender a diferentes finalidades:

- Controle de interferência eletromagnética, tanto interno ao sistema eletrônico (acoplamento capacitivo, indutivo e por impedância comum) como externo ao sistema (ambiente);
- Segurança operacional, sendo a carcaça dos equipamentos ligadas ao terra de proteção e, dessa forma, qualquer sinal aterrado ou referenciado à carcaça ou ao painel, direta ou indiretamente, fica automaticamente referenciado ao terra de distribuição de energia;
- Proteção contra raios, onde os condutores de descida do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) devem ser conectados às estruturas metálicas (para evitar centelhamento) e sistemas de eletrodos de terra interconectados com o terra de energia e encanamentos metálicos, ficando o “terra dos circuitos” ligados ao “terra do para-raios” (via estrutura ou sistema de eletrodos).

A consequência é que equipamentos com carcaças metálicas ficam expostos a ruído nos circuitos de aterramento (energia e raios).

Para atender aos requisitos de segurança, proteção contra raios e EMI, o sistema de aterramento deveria ser um plano com impedância zero, onde teríamos a mistura de diferentes níveis de corrente destes sistemas sem interferência. Esta seria a condição ideal, porém, na prática, não é bem o que ocorre.

TIPOS DE ATERRAMENTO

Em termos da indústria de processos, podemos identificar alguns tipos de terras:

- “Terra sujo” : é o que está presente nas instalações tipicamente envolvendo o 127 VAC, 220 VAC, 480 VAC e que estão associadas a alto nível de comutação, tais como os CCMs, iluminação, distribuição de energia ou qualquer fonte geradora de EMI. É comum que a alimentação AC primária apresente picos e surtos, os chamados *spikes*, que degradam o terra AC;
- “Terra limpo: é o que está presente em sistemas e circuitos DC, tipicamente 24 VDC, alimentando PLCs, controladores, em sinais de aquisição e controle de dados, assim como redes digitais;
- “Terra estrutural”: é o aterramento via estrutura e que força o sinal a 0 V. Tipicamente tem a função de "gaiola de Faraday", funcionando como proteção a raios.

Obs: terra de “chassi” ou "carcaça" é usado como uma proteção contra choques elétricos. Este tipo de terra não é um terra de "resistência zero" e seu potencial de terra pode variar. No entanto, os circuitos são quase sempre ligados à terra para a prevenção de riscos de choque.

ATERRAMENTO EM UM ÚNICO PONTO OU EM VÁRIOS?

Um aterramento inadequado pode prejudicar o desempenho de um sistema e, consequentemente, o desempenho do processo, além de representar uma fonte de perigo e acidentes.

O sistema de aterramento único possui apenas um ponto de terra, do qual se tem a distribuição para toda a instalação. Esta configuração é mais apropriada para o espectro de frequências baixas, mas atende perfeitamente a sistemas eletrônicos de alta frequência instalados em áreas reduzidas. Este sistema deve ser isolado e não deve servir de caminho de retorno para as correntes de sinais, que devem circular por condutores de sinais, por exemplo, com pares balanceados.

Este tipo de aterramento paralelo elimina o problema de impedância comum, mas o faz em detrimento da utilização de muito cabeamento. Além disso, a impedância de cada fio pode ser muito elevada e as linhas de terra podem se tornar fontes de ruído do sistema. Esta situação pode ser minimizada escolhendo o tipo correto de condutor (tipo AWG 14). Cabos de bitola maiores ajudam na redução da resistência de terra, enquanto o uso de fio flexível reduz a impedância de terra.

Para frequências altas, o sistema multiponto é o mais adequado, inclusive simplificando a instalação. Muitas conexões de baixa impedância, em combinação com múltiplos caminhos de alta impedância entre os eletrodos e as impedâncias dos condutores, criam um sistema de aterramento complexo com uma rede de impedância e as correntes que fluem através dele provocam diferentes potenciais de terra nas interligações em vários pontos desta rede.

Os sistemas com aterramentos multipontos que empregam circuitos balanceados geralmente não apresentam problemas de ruídos. Neste caso, ocorre filtragem do ruído, com seu campo ficando contido entre o cabo e o plano de terra.

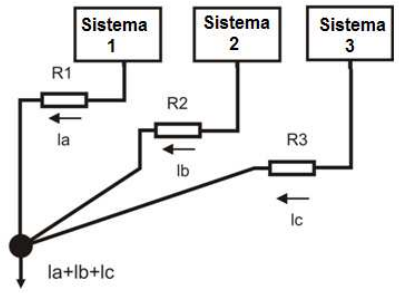

Figura 6 – Aterramento adequado, em um único ponto.

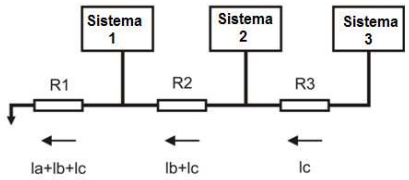

Figura 7 – Aterramento em multipontos inadequado

A ligação à terra em série é muito comum por ser simples e econômica. No entanto, este é o aterramento que proporciona o terra sujo, devido à impedância comum entre os circuitos.

Quando vários circuitos compartilham um mesmo fio terra, as correntes de um circuito (que fluem através da impedância finita da linha de base comum) podem provocar variações no potencial de terra dos demais circuitos. Se as correntes são grandes o suficiente, as variações do potencial de terra podem causar sérias perturbações nas operações de todos os circuitos ligados ao terra comum de sinal.

Por outro lado, um *loop* de terra ocorre quando existe mais de um caminho de aterramento, gerando correntes indesejáveis entre estes pontos. Estes caminhos formam o equivalente ao *loop* de uma antena que capta as correntes de interferência com alta eficiência. Com isto, a referência de tensão fica instável e o ruído aparece nos sinais.

ATERRAMENTO AO NÍVEL DOS EQUIPAMENTOS: PRÁTICA

Na prática, o que se faz é um “sistema misto”, separando circuitos semelhantes e segregando-os quanto ao nível de ruído:

- “Terra de sinais” para o aterramento de circuitos mais sensíveis;
- “Terra de ruído” para o aterramento de comandos (relés), circuitos de alta potência (CCMs, por exemplo);
- “Terra de equipamento” para o aterramento de racks, painéis etc.

Estes três circuitos são conectados ao condutor de proteção.

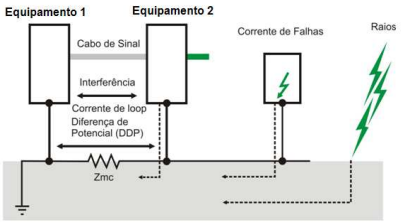

Figura 8 – Aterramento ao nível dos equipamentos na prática

ATERRAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE CAMPO

A grande maioria dos fabricantes de equipamentos de campo, como transmissores de pressão, temperatura, posicionadores e conversores recomenda o aterramento local de seus produtos. É comum que em suas carcaças exista um (ou mais) terminal de aterramento.

Ao se instalar os equipamentos, normalmente, suas carcaças estão em contato com a parte estrutural ou tubulações e, consequentemente, aterradas. Nos casos em que a carcaça é isolada de qualquer ponto da estrutura, os fabricantes recomendam o aterramento local, onde coma menor conexão com fio AWG 12. Neste caso, deve-se ter cuidado em relação à diferença de potencial entre o ponto aterrado e o painel onde se encontra o controlador (PLC).

Alguns fabricantes recomendam ainda que o equipamento fique flutuando, isto é, isolado da estrutura e que não seja aterrado, evitando os *loops* de corrente.

Em relação às áreas classificadas, recomenda-se consultar as regulamentações locais.

Em equipamentos microprocessados e com comunicação digital, alguns fabricantes incorporam ou tornam disponível os protetores de surtos ou transientes. Estes proporcionam a proteção a correntes de picos, fornecendo um caminho de desvio de baixa impedância para o ponto de terra.

BLINDAGEM

Aterramento e blindagem são requisitos mandatórios para garantir a integridade dos dados de uma planta. É muito comum na prática encontrarmos funcionamento intermitente e erros grosseiros em medições devido às más instalações.

Os efeitos de ruídos podem ser minimizados com técnicas adequadas de projetos, instalação, distribuição de cabos, aterramento e blindagens. Aterramentos inadequados podem ser fontes de potenciais indesejados e perigosos, podendo comprometer a operação efetiva de um equipamento ou o próprio funcionamento de um sistema. Veja no site da *Vivace Process Instruments* o artigo sobre EMI – Emissão Eletromagnética, onde se tem vários detalhes de como minimizar ruídos e interferências.

A blindagem (*shield*) deve ser conectada ao potencial de referência do sinal que está protegendo, como mostrado na figura 9.

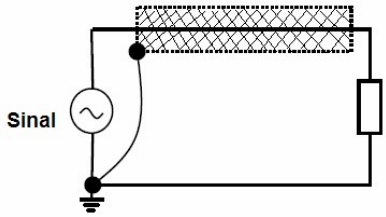

Figura 9 - Blindagem conectada ao potencial de referência do sinal que está protegendo.

Quando se tem múltiplos segmentos deve-se mantê-los conectados, garantindo o mesmo potencial de referência, conforme a figura 10.

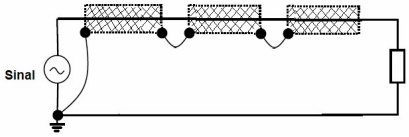

Figura 10 - Blindagem em múltiplos segmentos conectada ao potencial de referência do sinal que está protegendo.

EFEITO BLINDAGEM X ATERRAMENTO EM UM ÚNICO PONTO

Neste caso a corrente não circulará pela malha e não cancelará campos magnéticos.

Deve-se minimizar o comprimento do condutor que se estende fora da blindagem e garantir uma boa conexão do *shield* ao terra.

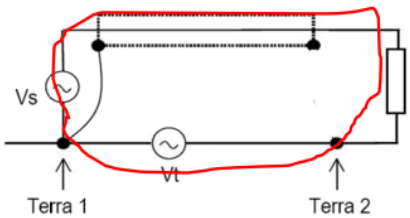

Figura 11 - Efeito Blindagem x aterramento em um único ponto.

EFEITO BLINDAGEM X ATERRAMENTO EM DOIS PONTOS

Ocorre uma distribuição das correntes, em função das suas frequências, pois a corrente tende a seguir o caminho de menor impedância.

- Até alguns kHz: a reatância indutiva é desprezível e a corrente circulará pelo caminho de menor resistência.

- Acima de kHz: há predominância da reatância indutiva e, com isto, a corrente circulará pelo caminho de menor indutância.

O caminho de menor impedância é aquele cujo percurso de retorno é próximo ao percurso de ida, por apresentar maior capacitância distribuída e menor indutância distribuída.
Deve-se minimizar o comprimento do condutor que se estende fora da blindagem e garantir uma boa conexão do *shield* ao terra.

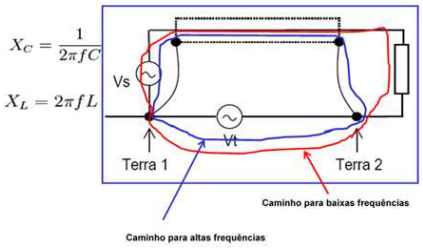

Figura 12- Efeito blindagem x aterramento em dois pontos.

Vale citar neste caso:

- Não há proteção contra *loops* de terra;
- Danos aos equipamentos ativos possivelmente significativos quando a diferença de potencial de terra entre ambos os extremos ultrapassar 1 V (rms);
- A resistência elétrica do aterramento deve ser a mais baixa possível em ambos os extremos do segmento para minimizar os *loops* de terra, principalmente em baixas frequências;
- A blindagem de cabos é usada para eliminar interferências por acoplamento capacitivo, gerada por campos elétricos;
- A blindagem só é eficiente quando estabelece um caminho de baixa impedância para o terra;
- Uma blindagem flutuante não protege contra interferências;
- A malha de blindagem deve ser conectada ao potencial de referência (terra) do circuito que está sendo blindado;
- Aterrar a blindagem em mais de um ponto pode ser problemático;
- Minimizar comprimento da ligação blindagem-referência, pois funciona como uma bobina.

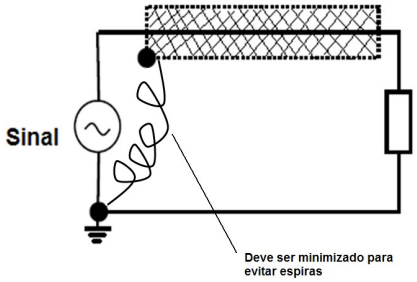

Figura 13- Deve-se minimizar o comprimento da ligação blindagem-referência pois funciona como uma bobina.

Além disso, é importante citar:

- Campos elétricos são muito mais fáceis de blindar em relação a campos magnéticos, e o uso de blindagens em um ou mais pontos funciona contra campos elétricos;

- O uso de metais não magnéticos em volta de condutores não blinda contra campos magnéticos;
- A chave para blindagem magnética é reduzir a área de *loop*. Utiliza-se um par trançado ou o retorno de corrente pela blindagem;
- Para prevenir a radiação de um condutor, uma blindagem aterrada em ambos os lados é geralmente utilizada acima da frequência de corte, porém alguns cuidados devem ser tomados; • Apenas uma quantidade limitada de ruído magnético pode ser blindada devido ao *loop* de terra formado;
- Qualquer blindagem na qual flui corrente de ruído não deve ser parte do caminho para o sinal;
- Utilize um cabo trançado blindado ou um cabo triaxial em baixas freqüências;
- A efetividade da blindagem do cabo trançado aumenta com o número de voltas por centímetro.

ATERRAMENTO EM ÁREAS CLASSIFICADAS

Recomenda-se verificar a NBR 5418 para aterramento e ligação com sistema equipotencial de sistemas intrinsecamente seguros.

Um circuito intrinsecamente seguro deve estar flutuando ou estar ligado ao sistema equipotencial associado com a área classificada em somente um ponto.

O nível de isolação requerido (exceto em um ponto) deve ser projetado para suportar 500 V no ensaio de isolação de acordo com 6.4.12 da IEC 60079-11.

Quando este requisito não for atendido, o circuito deve ser considerado aterrado naquele ponto. Mais de uma conexão ao terra é permitida no circuito, desde que o circuito seja dividido em sub-circuitos galvanicamente isolados, cada qual aterrado somente em um ponto.

Blindagens devem ser conectadas à terra ou à estrutura de acordo com a ABNT NBR IEC 60079-14.

Sempre que possível, conecte as bandejas de cabos ao sistema de linha equipotencial.

As malhas (*shield*) devem ser aterradas em um único ponto no condutor de equalização de potencial. Se houver necessidade, por razões funcionais, de outros pontos de aterramento, é permitido que sejam feitos por meio de pequenos capacitores, tipo cerâmico, inferiores a 1 nF e para 1500 V, desde que a somatória das capacitâncias não ultrapasse 10 nF.

Nunca instale um dispositivo que tenha sido instalado anteriormente sem uma barreira intrinsecamente segura em um sistema intrinsecamente seguro, pois o diodo *zener* de proteção pode estar queimado e não vai atuar em áreas intrinsecamente segura.

CUIDADOS COM O ATERRAMENTO E *SHIELD* NO BARRAMENTO PROFIBUS-PA

Ao considerar a questão de *shield* e aterramento em barramentos de campo, deve-se levar em conta:

- A compatibilidade eletromagnética (EMC);
- Proteção contra explosão;
- Proteção de pessoas.

De acordo com a IEC 61158-2, aterrar significa estar permanentemente conectado ao terra através de uma impedância suficientemente baixa e com capacidade de condução suficiente para prevenir qualquer tensão que possa resultar em danos de equipamentos ou pessoas. Linhas de tensão com 0 Volt devem ser conectadas

ao terra e serem galvanicamente isoladas do barramento fieldbus. O propósito de se aterrar o *shield* é evitar ruídos de alta frequência.

Preferencialmente, o *shield* deve ser aterrado em dois pontos: no início e no final do barramento, desde que não haja diferença de potencial entre estes pontos, permitindo a existência e caminhos a corrente de *loop*. Na prática, quando esta diferença existe, recomenda-se aterrar o *shield* somente em um ponto, ou seja, na fonte de alimentação ou na barreira de segurança intrínseca. Deve-se assegurar a continuidade da blindagem do cabo em mais de 90% do comprimento total do cabo.

O *shield* deve cobrir completamente os circuitos elétricos através dos conectores, acopladores, *splices* e caixas de distribuição e junção.

Nunca deve-se utilizar o *shield* como condutor de sinal. É preciso verificar sua continuidade até o último equipamento PA do segmento, analisando a conexão e acabamento, pois este não deve ser aterrado nas carcaças dos equipamentos.

Em áreas classificadas, se uma equalização de potencial entre a área segura e área perigosa não for possível, o *shield* deve ser conectado diretamente ao terra (*Equipotential Bonding System*) somente no lado da área perigosa. Na área segura, o *shield* deve ser conectado através de um acoplamento capacitivo (capacitor preferencialmente cerâmico -dielétrico sólido- C <= 10 nF, tensão de isolação >= 1,5 kV).

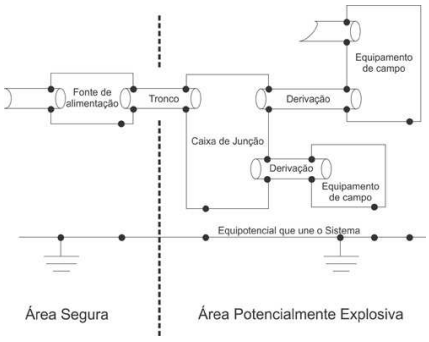

Figura 14 – Combinação Ideal de *shield* e aterramento.

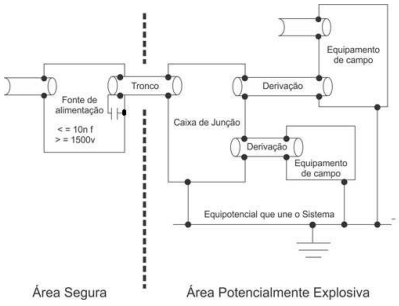

Figura 15 – Aterramento capacitivo.

A IEC 61158-2 recomenda que se tenha a isolação completa. Este método é utilizado principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra. Neste caso, o *shield* é isolado de todos os terras, a não ser o ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro. O *shield* tem continuidade desde a saída do coupler DP/PA, passa pelas caixas de junções e distribuições e chega até os equipamentos. As carcaças dos equipamentos são aterradas individualmente do lado não seguro. Este método tem a desvantagem de não proteger os sinais de comunicação totalmente dos sinais de alta frequência e,

dependendo da topologia e comprimento dos cabos, pode gerar a intermitência de comunicação. Recomenda-se nestes casos o uso de canaletas metálicas.

Uma outra forma complementar à primeira seria aterrar as caixas de junções e as carcaças dos equipamentos em uma linha de equipotencial de terra no lado não seguro. Os terras do lado não seguro com o lado seguro são separados.

A condição de aterramento múltiplo também é comum, onde se tem uma proteção mais efetiva às condições de alta frequência e ruídos eletromagnéticos. Este método é preferencialmente adotado na Alemanha e em alguns países da Europa. Neste método, o *shield* é aterrado no ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro e além disso, no terra das caixas de junções e nas carcaças dos equipamentos, sendo estas também aterradas pontualmente, no lado não seguro. Uma outra condição seria complementar a esta, porém os terras seriam aterrados em conjunto em uma linha equipotencial de terra, unindo o lado não seguro ao lado seguro.

Para mais detalhes, sempre consultar as normas de segurança do local. Recomenda-se utilizar a IEC 60079-14 como referência em aplicações em áreas classificadas.

CUIDADOS COM O ATERRAMENTO E *SHIELD* NO BARRAMENTO PROFIBUS-DP

O *shield* (a malha, assim como a lâmina de alumínio) deve ser conectado ao terra funcional do sistema em todas as estações (via conector e cabo DP), de tal forma a proporcionar uma ampla área de conexão com a superfície condutiva aterrada.

A máxima proteção se dá com os todos os pontos aterrados, onde se proporciona um caminho de baixa impedância aos sinais de alta frequência.

Nos casos onde se tem um diferencial de tensão entre os pontos de aterramento, recomenda-se passar junto ao cabeamento uma linha de equalização de potencial (a própria calha metálica pode ser utilizada ou, por exemplo, um cabo AWG 10-12). Veja a figura 16.

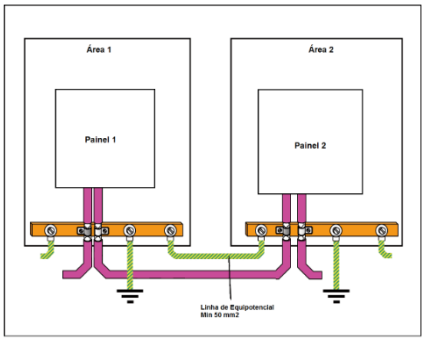

Figura 16 – Linha de Equipotencial.

Em termos de cabeamento, é recomendado o par de fios trançados com 100% de cobertura do *shield*. As melhores condições de atuação do *shield* se dão com pelo menos 80% de cobertura.

Em áreas perigosas deve-se sempre fazer o uso das recomendações dos órgãos certificadores e das técnicas de instalação exigidas pela classificação das áreas. Um sistema intrinsecamente seguro deve possuir componentes aterrados e outros não. O aterramento tem a função de evitar o aparecimento de tensões

consideradas inseguras na área classificada. Na área classificada evita-se o aterramento de componentes intrinsecamente seguros, a menos que o mesmo seja necessário para fins funcionais, quando se emprega a isolação galvânica.

A normalização estabelece uma isolação mínima de 500 Vca. A resistência entre o terminal de aterramento e o terra do sistema deve ser inferior a 1 . No Brasil, a NBR-5418 regulamenta a instalação em atmosferas potencialmente explosivas.

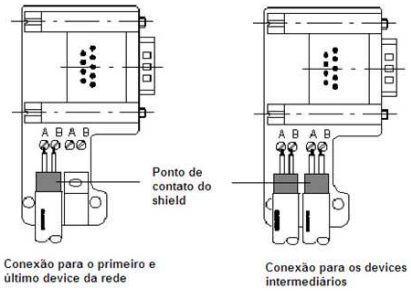

Figura17 –Conector típico 9-Pin Sub D, com o *shield* do cabo Profibus-DP aterrado em cada estação.

A figura 18 apresenta detalhes de cabeamento, *shield* e aterramento quando se tem áreas distintas.

Quanto ao aterramento, recomenda-se agrupar circuitos e equipamentos com características semelhantes de ruído em distribuição em série e unir estes pontos em uma referência paralela. Recomenda-se aterrar as calhas e bandejamentos.

Um erro comum é o uso de terra de proteção como terra de sinal. Vale lembrar que este terra é muito ruidoso e pode apresentar alta impedância. É interessante o uso de malhas de aterramento, pois apresentam baixa impedância. Condutores comuns com altas frequências apresentam a desvantagem de terem alta impedância. Os loops de correntes devem ser evitados. O sistema de aterramento deve ser visto como um circuito que favorece o fluxo de corrente sob a menor indutância possível. O valor de terra deve ser menor do que 10 .

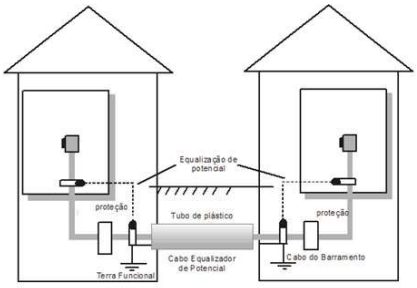

Figura 18 – Detalhe de cabeamento em áreas distintas com potenciais de terras equalizados.

LAYOUT E PAINÉIS DE AUTOMAÇÃO E ELÉTRICOS

Seguem algumas recomendações:

- Não aproximar o cabo de redes com os cabos de alimentação e saída dos inversores, evitando a corrente de modo comum. Sempre que possível limitar o tamanho dos cabos, evitando comprimentos muito longos. As conexões também devem ser as menores possíveis;
- Cabos longos e paralelos atuam como um grande capacitor;
- A boa prática de *layout* em painéis permite que a corrente de ruído flua entre os dutos de saída e de entrada ficando fora da rota dos sinais de comunicação e controladores;
- Todas as partes metálicas do armário/gabinete devem estar eletricamente conectadas com a maior área de contato;
- Deve-se utilizar braçadeira e aterrar as malhas (*shield*) dos cabos;
- Cabos de controle, comando e de potência devem estar fisicamente separados (> 30 cm);
- Sempre que possível, utilizar placas de separação e aterradas;
- Contatores, solenóides e outros dispositivos/acessórios eletromagnéticos devem ser instalados com dispositivos supressores, tais como: *snubbers* (RCs, os *snubbers* podem amortecer oscilações, controlar a taxa de variação da tensão e/ou corrente e grampear sobretensões), diodos ou varistores;
- Evitar comprimentos de fiação desnecessários, diminuindo as capacitâncias e indutâncias de acoplamento;
- Se utilizada uma fonte auxiliar 24 Vcc para o *drive*, deverá ser de aplicação exclusiva ao inversor local. Não alimente outros dispositivos DP com a fonte que alimenta o inversor. O inversor e os equipamentos de automação não devem ser conectados diretamente em uma mesma fonte.

Figura 19 – Linha de aterramento e equipotencial em instalações.

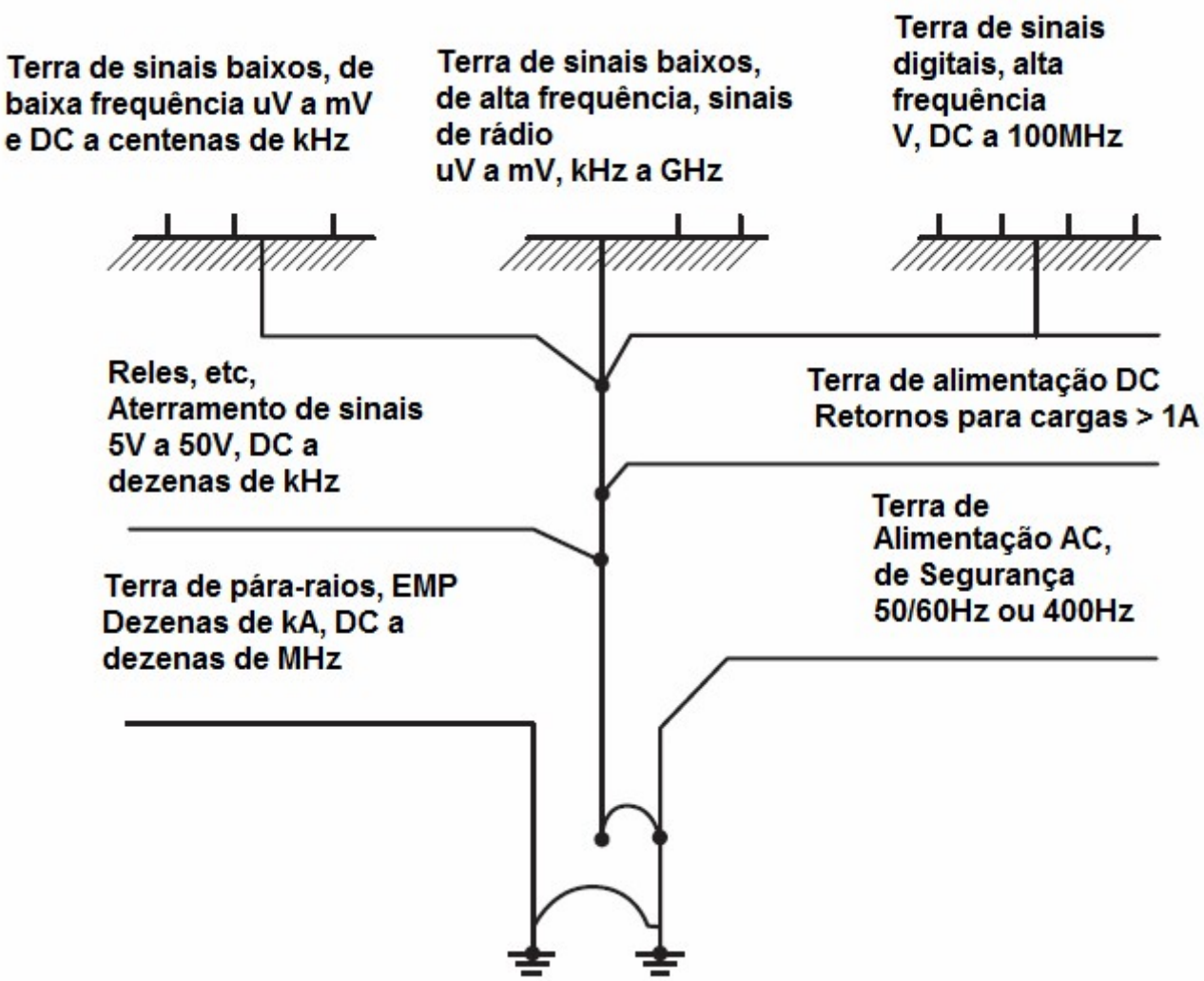

Figura 20 – Hierarquia de aterramento.

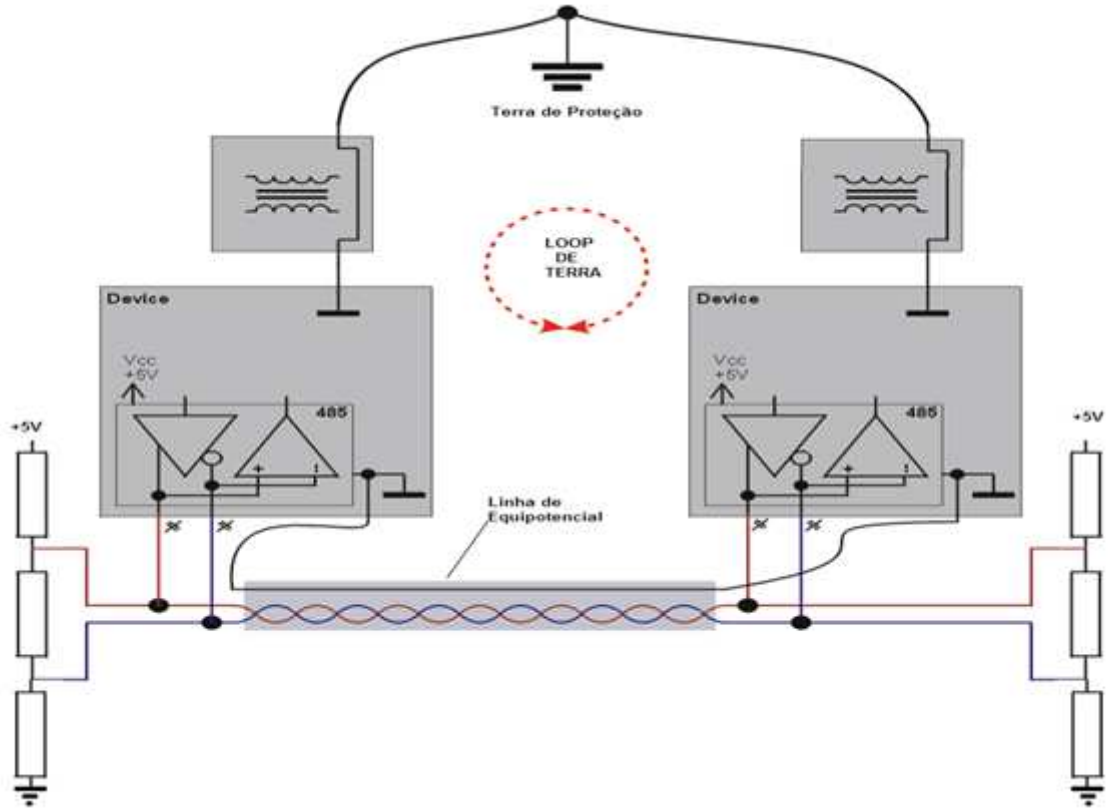

Figura 21 - Profibus-DP e os *loops* de terra.

As figuras 22 e 23 mostram condições inadequada e adequada do aterramento indevido do *shield* em Profibus-PA:

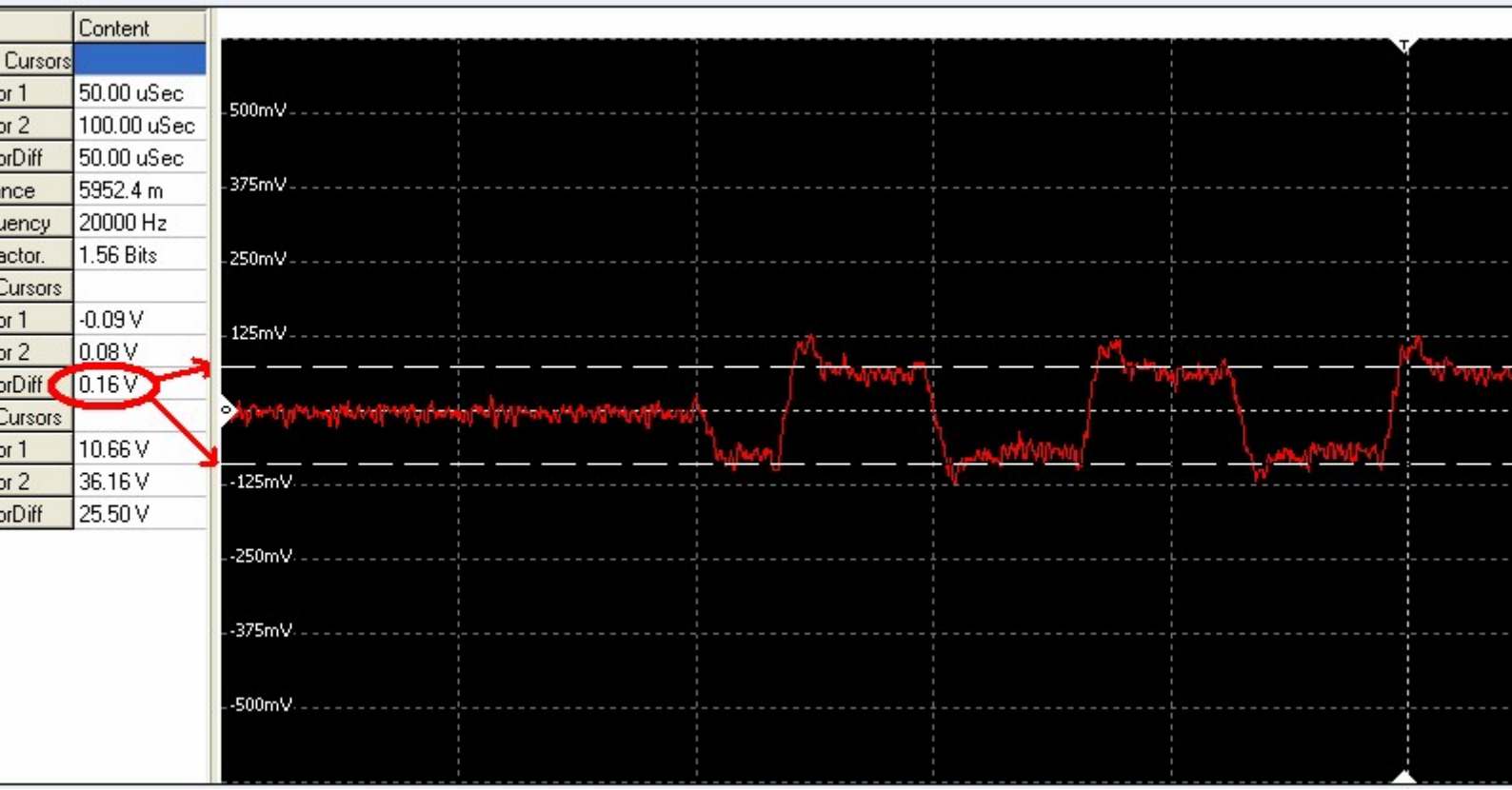

Figura 22 – Aterramento inadequado do *shield* em Profibus-PA em mais de um ponto.

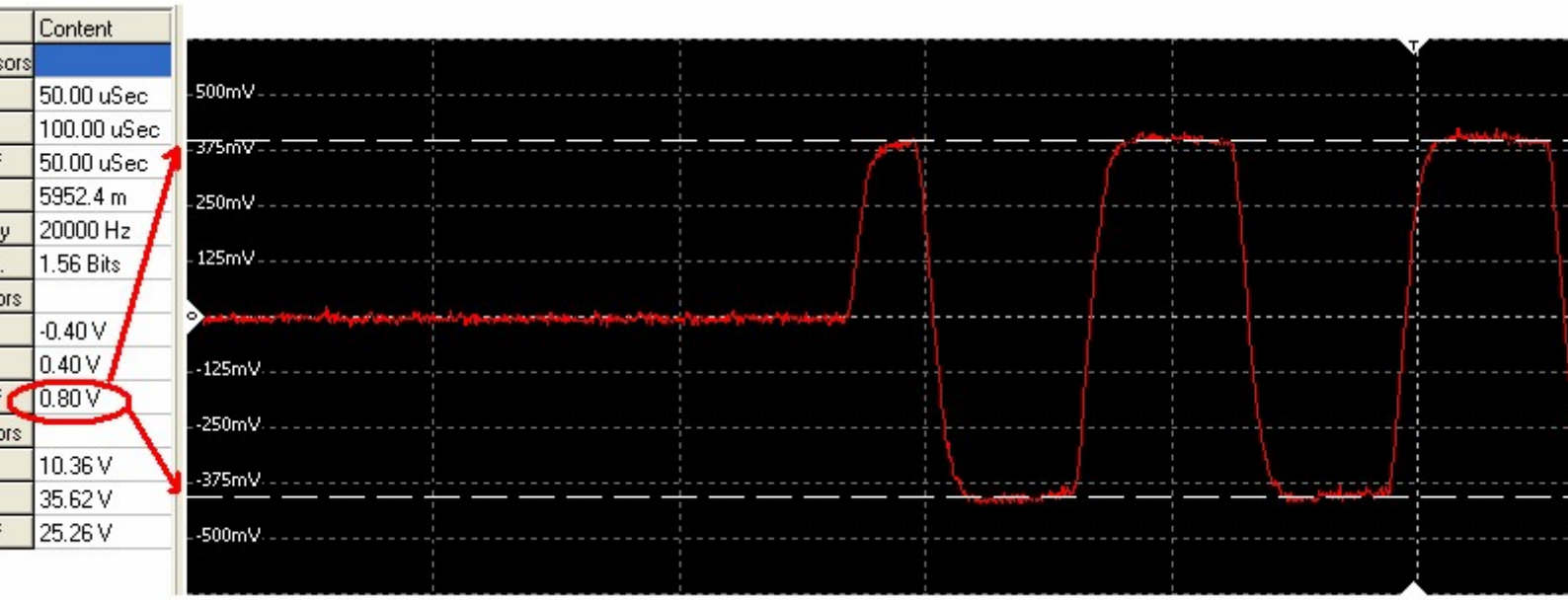

Figura 23– Aterramento adequado do *shield* em Profibus-PA, somente em um ponto.

CONCLUSÃO

O sucesso de toda rede de comunicação está intimamente ligado à qualidade das instalações. O seu tempo de comissionamento, *startup* e seus resultados podem estar comprometidos com a qualidade das instalações. Recomenda-se que anualmente se tenha ações preventivas de manutenção, verificando cada conexão ao sistema de aterramento, onde deve-se assegurar a qualidade de cada conexão em relação à robustez, confiabilidade e baixa impedância (deve-se garantir que não haja contaminação e corrosão).

Além disso, em plantas com tecnologias Profibus, recomenda-se serviços de certificação de redes por profissionais capacitados, garantindo, além da conformidade com os padrões, vantagens como:

- Aumento do desempenho e confiabilidade da rede;
- Redução no tempo de comissionamento, *startups* e paradas;
- Atuação preventiva e preditiva nas possíveis falhas em instalações e sinais de comunicação;
- Aumento da segurança operacional com as melhorias sugeridas;
- Elevação da performance operacional e redução dos custos globais de operação e manutenção, entre outros.

Este artigo não substitui os padrões IEC 61158 e IEC 61784 e nem os perfis e guias técnicos do PROFIBUS. Em caso de discrepância ou dúvida, os padrões IEC 61158 e IEC 61784, perfis, guias técnicos e manuais de fabricantes prevalecem.Sempre que possível, consulte as regulamentações físicas, assim como as práticas de segurança de cada área.

O conteúdo deste artigo foi elaborado cuidadosamente. Entretanto, erros não podem ser excluídos e assim nenhuma responsabilidade poderá ser atribuída ao autor. Sugestões de melhorias podem ser enviadas ao e-mail cesar.cassiolato@vivaceinstruments.com.br.

Sobre o Autor

César Cassiolato *é Presidente e Diretor de Qualidade da Vivace Process Instruments. É também Conselheiro Administrativo da Associação PROFIBUS Brasil América Latina desde 2011, onde foi Presidente de 2006 a 2010, Diretor Técnico do Centro de Competência e Treinamento em PROFIBUS, Diretor do FDT Group no Brasil e Engenheiro Certificado na Tecnologia PROFIBUS e Instalações*

PROFIBUS pela Universidade de Manchester.

Referências

- *Manuais Vivace ProcessInstruments*
- *Artigos Técnicos César Cassiolato*
- *https://www.vivaceinstruments.com.br/*
- *Material de treinamento e artigos técnicos PROFIBUS - César Cassiolato*
- *Especificações técnicas PROFIBUS*
- *www.profibus.com*
- *Pesquisas na internet*